

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ВЫПЛАВКИ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Одним из наиболее перспективных легирующих элементов для конструкционных сталей является ванадий. Особое значение он приобрел как микролегирующий элемент, способный даже в малых концентрациях (0,03–0,15%) существенно повышать ряд эксплуатационных характеристик сталей и чугунов. Небольшие добавки ванадия в низколегированную сталь могут резко улучшить прочность, долговечность и служебные свойства изделий, что позволяет значительно снизить расход металла.

Одним из основных преимуществ бескоксовых схем переработки ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд является замена кокса другими видами топлива (природным газом, энергетическими углями) и отсутствие или уменьшение объема производства на стадиях, загрязняющих окружающую среду (коксохимическое производство, химико-металлургический передел ванадиевого шлака). Очевидно также, что бескоксовая схема является наиболее экологичной, но за счет использования природного газа процесс становится наиболее энергоемким и дорогим.

Альтернативный способ прямого легирования стали ванадием – легирование прямое (ЛП), разработан с целью удешевления процесса получения легированной ванадием стали при том же относительном расходе ванадийсодержащих материалов. Данный способ отвечает компромиссным требованиям экологичности и экономичности.

Процесс ЛП состоит из трех агрегатов: агрегат жидкофазного восстановления (ПЖВ), шахтная печь (ШП) для металлизации окатышей, а также электродуговая печь для выплавки стали (ЭДП).

Таким образом, известно несколько способов выплавки ванадиевых сталей, наиболее перспективными из которых являются методы прямого восстановления, наилучшим образом сочетающие экологичность и экономичность. Однако все существующие методы не лишены недостатков. Например, при прямом легировании стали ванадием, которое предлагается в работе, в качестве единственного источника энергии для процесса газификации используется уголь, что обуславливает появление значительных количеств серы и фосфора в восстановительном газе и чугуне. Это ухудшает и экологическую ситуацию, и качество металла, а также усложняет технологию выплавки (в частности, требуется использование большего количества лома в составе шихты для электропечи). Существенными недостатками также можно считать частичную потерю ванадия в ходе технологической цепочки и недостаточно эффективное использование энергии на стадии выплавки стали в электропечи.

В данной работе сделана попытка избавиться от этих недостатков путем частичной замены угля как источника энергии за счет применения электроэнергии. Процесс газификации для получения восстановительного газа осуществляется в газификаторе, работающем на двух источниках энергии, электрической и тепловой от сжигания угля. При этом затраты тепловой энергии на нагрев и плавление исходных материалов газификатора компенсируются использованием электрической энергии, а углеродсодержащие материалы используются лишь для получения восстановительного газа и восстановления исходных рудных материалов. Расчеты показывают, что в тепловом балансе газификатора горячих восстановительных газов, работающего в смешанном режиме, до 70 % подводимой энергии отводится на нагрев и плавление исходных материалов (рудный концентрат, уголь, флюсы) и переходит в теплосодержание, а остальная часть энергии расходуется на получение восстановительных газов и восстановление металла из рудных материалов (эндотермические реакции). Таким образом, до 70 % подводимой энергии может быть заменено на электрическую энергию. При этом расход угля сокращается до 70 % и, соответственно, уменьшается содержание серы и фосфора в восстановительном газе и чугуна.

Другой способ уменьшения расхода угля может быть реализован в случае прямого восстановления нелегированной стали. При металлизации окатышей, не содержащих оксида титана, требуемая температура на входе шахтной печи составляет 750-830 °С по сравнению с 850-1050°С при металлизации титаномагнетитовых окатышей. Это позволяет использовать освободившуюся энергию для подогрева дутья в фурмах газификатора, уменьшить расход угля на газификацию на 10-15 %, а содержание лома до 10 % и менее, что дает снижение энергоемкости стали и обеспечивает первородность шихты, отсутствие вредных примесей цветных металлов в выплавляемой стали и повышение качества ее эксплуатационных характеристик.

Для количественной оценки энерго-экологической эффективности предлагаемых способов применяется усовершенствованный метод интегрированного энерго-экологического анализа.